

# 第一章 制图基本知识

## 【导读】

工程图样是工程技术人员表达设计思想、进行技术交流的工具，是工程界通用的技术语言，是设计和生产制造过程中的重要技术资料。因此，掌握制图的基本知识，是画图 and 看图的基础。本章将重点阐述有关制图的基本规定、尺寸标注、绘图工具使用方法、几何作图、平面图形的画法及徒手绘制草图等内容。

## 【学习任务】

- ◆ 掌握国家标准关于制图的一般规定；
- ◆ 掌握绘图工具的使用方法；
- ◆ 掌握图形的画法及尺寸标注。

## 第一节 制图的基本规定

为了正确地绘制和阅读机械图样，必须熟悉有关标准和规定。《技术制图》和《机械制图》国家标准是工程界重要的技术基础标准，是绘制和阅读机械图样的准则和依据。

机械制图国标中的每个标准均有专用代号，例如 GB/T 14689—2008，其中“GB”为“国标”（国家标准的简称）二字的汉语拼音字头，“T”为推荐性标准的“推”字汉语拼音字头，“14689”为该标准发布顺序号，“2008”为该标准颁布的年号。

### 一、图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

#### 1. 图纸幅面

为了便于图样的绘制、使用和管理，图样均应画在规定幅面和格式的图纸上，并且必须遵循国家标准。

① 应优先采用表 1-1 中规定的图纸基本幅面。基本幅面共有 5 种，其尺寸关系如图 1-1 所示。表 1-1 中的  $B$ 、 $L$ 、 $e$ 、 $c$ 、 $a$  尺寸及相关关系如图 1-2 和图 1-3 所示。

② 必要时允许选用加长幅面，其尺寸必须由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

表 1-1 图纸幅面尺寸

（单位：mm）

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 ( $B \times L$ )	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
$a$	25				
$c$	10			5	
$e$	20		10		

注： $a$ 、 $c$ 、 $e$  为留边宽度。

#### 2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为留有装订边和不留装订边两种，但同一产品

的图样只能采用一种格式。

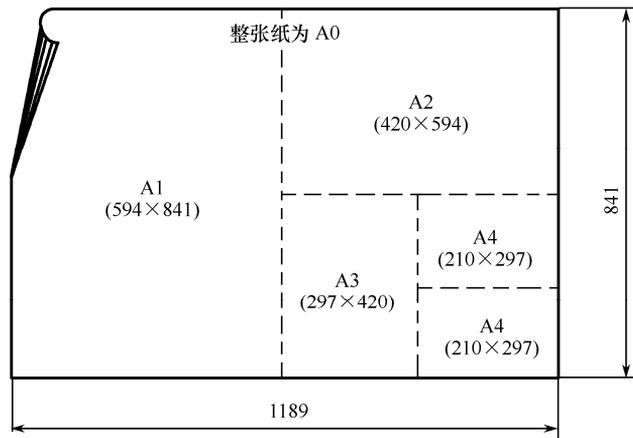


图 1-1 基本幅面的尺寸关系

图纸可以横放或竖放，无论图纸是否要装订，都必须在图幅内。留有装订边的图纸，其图框格式如图 1-2 所示；不留装订边的图纸，其图框格式如图 1-3 所示。

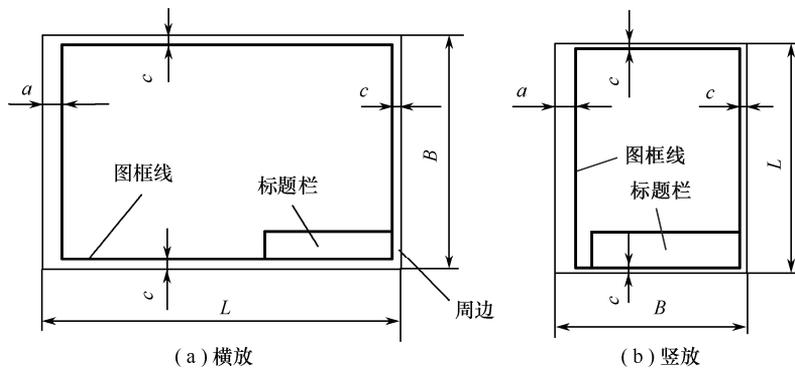


图 1-2 留有装订边图纸的图框格式

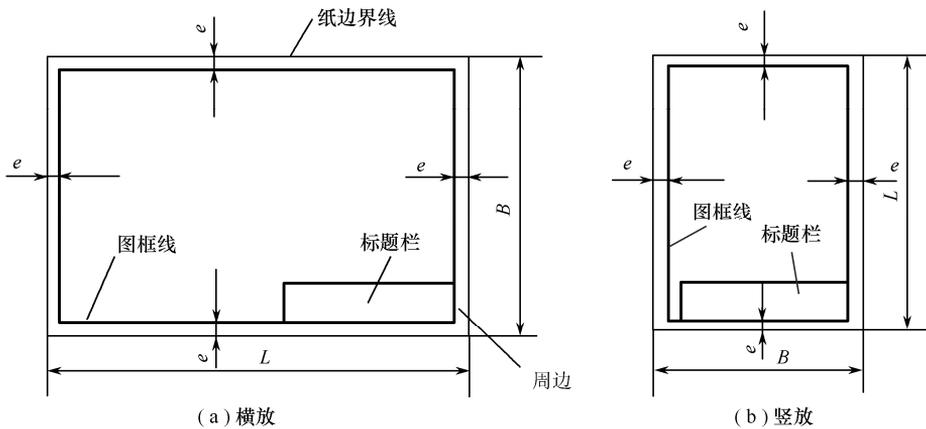


图 1-3 不留装订边图纸的图框格式

### 3. 标题栏

每张图纸都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸应符合 GB/T 10609.1—2008 的规定，如图 1-4 和图 1-5 所示。标题栏一般应位于图纸的右下角，如图 1-2 和图 1-3 所示。标题栏的长边一般置于水平方向，看图的方向与看标题栏的方向一致。明细栏的内容、格式和尺寸应按 GB/T 1060.2—2009 《技术制图明细栏》的规定绘制。

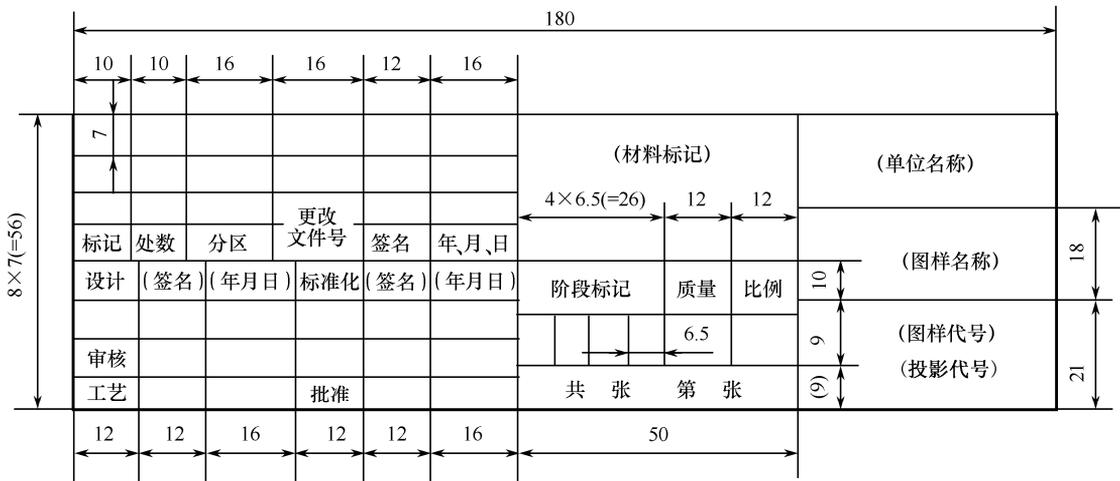


图 1-4 国家标准中标题栏格式示例

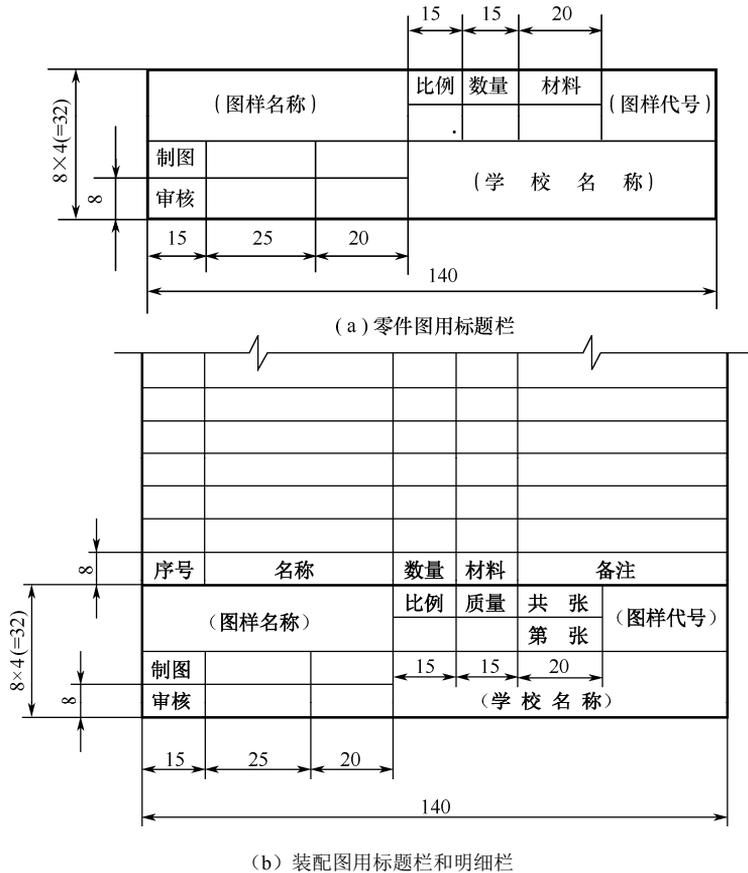


图 1-5 制图作业用简化标题栏

## 二、比例（GB/T 14690—1993）

比例是指图形与实物相应要素的线性尺寸之比。比例用符号“：”表示，如1：1，10：1，1：50等。比例按其比值大小分为三种类型。

- ① 原值比例。比值为1的比例，如1：1。
- ② 放大比例。比值大于1的比例，如2：1等。
- ③ 缩小比例。比值小于1的比例，如1：2等。

绘制图样时，一般优先选取表1-2中的比例，必要时允许选取表1-3中的比例。为了使图样大小真实及画图方便，应尽量采用原值比例绘图。当实物尺寸过大或过小时，也可采用缩小或放大比例绘图，但图样上标注的尺寸应是实物的实际尺寸。

表 1-2 优先选取的比例

种 类	比 例		
原值比例	1 : 1		
放大比例	5 : 1	2 : 1	10 : 1
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注：n 为正整数。

表 1-3 允许选取的比例

种 类	比 例				
放大比例	4 : 1		2.5 : 1		
	$4 \times 10^n : 1$		$2.5 \times 10^n : 1$		
缩小比例	1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 6
	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$

注：n 为正整数。

## 三、字体（GB/T 14691—1993）

图样上除了用图形表示机件形状外，还要用汉字、数字、符号表示机件的大小、技术要求，并填写标题栏。GB/T 14691—1993《技术制图 字体》对汉字、数字、字母的书写形式做了统一规定。

### 1. 基本要求

① 图样和技术文件中书写的汉字、数字和字母，必须做到字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

② 字体的高度（用  $h$  表示）的公称尺寸系列为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20（单位：mm）。如需更大的字，则字体的高度应按  $\sqrt{2}$  的比率递增。

③ 汉字规定用长仿宋体书写，并采用国家正式公布的简化汉字。汉字的高度不应小于 3.5mm，字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ 。

④ 字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度  $d$  为  $h/14$ ，B 型字体的笔画宽度为  $h/10$ 。在同一图样上，只允许使用同一种字体。

⑤ 字母和数字分斜体和直体两种。斜体字字头朝右倾斜，与水平基线成  $75^\circ$ 。

## 2. 字体示例

### (1) 汉字示例

字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

技术制图 石油化工 机械电子 汽车航空 船舶土木 建筑矿山 井坑港口 纺织焊接 设备工艺

螺纹齿轮 漏斗接线 飞行指导 驾驶位挖填 施工引水 通风闸坝 棉麻化纤

### (2) 拉丁字母示例 (A 型字体)

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

### (3) 阿拉伯数字示例 (B 型字体)

斜体: 0123456789

直体: 0123456789

### (4) 罗马数字示例 (B 型字体)

斜体: I II III IV V VI VII VIII IX X 直体: I II III IV V VI VII VIII IX X

### (5) 其他应用示例 (见图 1-6)

$\phi 30_{-0.012}^{+0.012}$   $8^{\circ}_{-0.15}$   $\frac{3}{4}$  15JS6( $\pm 0.04$ ) M20-5h  
 $\phi 20_{m6}^{H5}$   $\frac{4}{3:1}$   $\frac{II}{2:1}$   $\sqrt{Ra6.3}$  R6 5%  $\nabla 3.50$

图 1-6 字体示例

## 四、图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)

### 1. 图线的线型及应用

为了使图样统一、清晰、便于阅读, 绘制图样时应遵循国家标准 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》的规定。该标准制定了 15 种基本线型, 以及多种基本线型的变形和图线的组合。表 1-4 中列出了 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》规定的机械制图常用的四种基本线型(即实线、虚线、点画线、双点画线)、一种基本线型的变形——波浪线(由细实线变形派生出来的)和一种图线规定的组合——双折线(视为由细实线与几何图形组合而派生出来的)。图 1-7 为图线的部分应用示例。

### 2. 图线画法

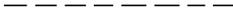
图线分为粗、细两种, 粗线、细线的宽度比率为 2:1。绘制图样时, 应遵守以下规定和要求。

① 同一张图样中, 同类图线的宽度基本一致。虚线、点画线和双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。

② 两条平行线(包括剖面线)之间的距离应不小于粗实线的两倍宽度, 其最小距离不得小于 0.7mm。

③ 轴线、对称中心线、双点画线应超出轮廓线 2~5mm。点画线和双点画线的末端应是线段, 而不是短划。若图的直径较小, 两条点画线可用细实线代替。

表 1-4 机械制图的线型及应用

名称	线型	图线宽度	一般应用
实线	粗实线		$d$ 可见轮廓线、可见棱边线、相贯线、螺纹牙顶线、螺纹长度终止线等
	细实线		约 $d/2$ 过渡线、尺寸线、尺寸界线、剖面线、弯折线、牙底线、齿根线、引出线、辅助线
虚线	粗虚线		$d$ 允许表面处理的表示线
	细虚线		约 $d/2$ 不可见轮廓线、不可见棱边线
点画线	细点画线		约 $d/2$ 轴线、对称中心线、轨迹线、齿轮节线等
	粗点画线		$d$ 有特殊要求的线或表面的表示线
双点画线		约 $d/2$ 相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、假想投影的轮廓线等	
波浪线		约 $d/2$ 断裂处的边界线、剖视与视图的分界线	
双折线		约 $d/2$ 断裂处的边界线	

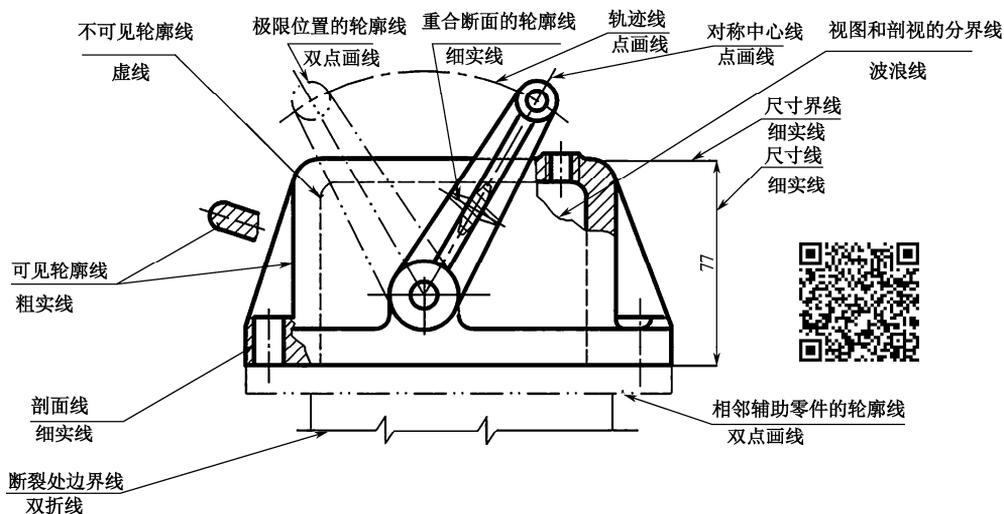


图 1-7 图线的部分应用示例

④ 虚线、点画线与其他图线相交时，应在线段处相交，不应在空隙或短划处相交。当虚线是粗实线的延长线时，粗实线应画到分界点，而虚线与分界点之间应留有空隙。当虚线圆弧与虚线直线相切时，虚线圆弧的线段应画到切点处，虚线直线与切点之间应留有空隙，如图 1-8 所示。

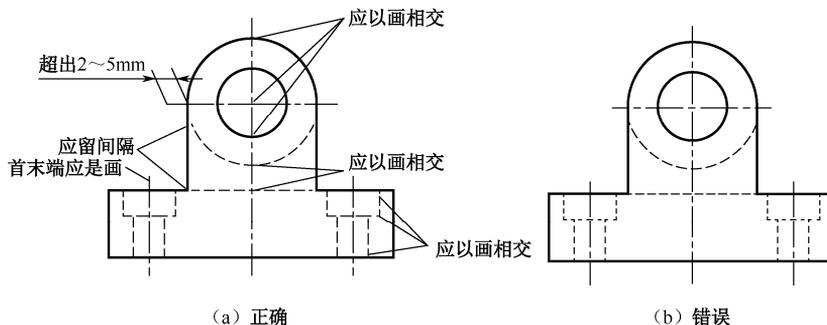


图 1-8 图线画法示例

## 五、尺寸标注（GB/T 4458.4—2003）

机械图样中的图形只能表达机件的结构形状，其真实大小由尺寸确定。尺寸标注的基本要求是正确、完整、清晰、合理。

### 1. 基本规则

① 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确性无关。

② 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以 mm（毫米）为单位时，不需要标注计量单位的代号或名称；如采用其他单位，则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

③ 图样中所标注的尺寸，应为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

④ 机件的每一个尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的视图上。

### 2. 尺寸组成

一个完整的尺寸，一般由尺寸界线、尺寸线、尺寸终端（箭头）和尺寸数字所组成，如图 1-9 所示。

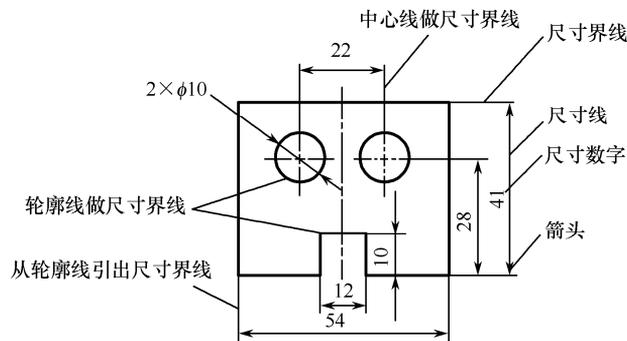


图 1-9 尺寸的组成

#### (1) 尺寸界线

尺寸界线表示尺寸的度量范围，一般用细实线绘制，并由图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般与尺寸线垂直，应与所注的线段垂直，并以超过尺寸线 3~4mm 为宜，必要时允许倾斜，但两尺寸界线应互相平行，圆角处的尺寸界线须引出标注，如图 1-10 所示。

#### (2) 尺寸线

尺寸线表示尺寸度量的方向，它用细实线绘制在尺寸界线之间，常与尺寸界线垂直。尺寸线不能用其他图线代替，也不允许与其他图线重合或画在其延长线上。尺寸线之间或尺寸线与尺寸界线之间，应尽量避免相交。标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行，两端箭头应指到尺寸界线。

#### (3) 尺寸终端

尺寸终端有箭头和斜线两种形式，如图 1-11 所示。箭头形式，适用于各种类型的图样。当尺寸线的终端采用斜线（用细实线绘制）形式时，尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。同一张图样上只能采用一种尺寸终端的形式。

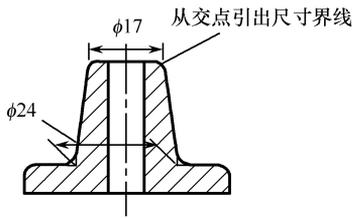


图 1-10 倾斜引出的尺寸界线

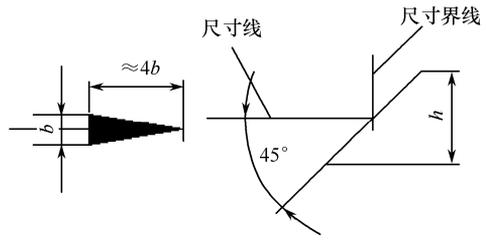


图 1-11 尺寸终端

#### (4) 尺寸数字

尺寸数字用来标注机件的实际尺寸大小，一般应注写在尺寸线的上方，也允许注写在尺寸线的中断处，在特殊情况下还可以采用引出线进行注写。

线性尺寸数字，一般应按图 1-12 (a) 所示的方向注写，即水平方向字头朝上，垂直方向字头朝左，倾斜方向字头保持朝上趋势，并尽可能避免在图示  $30^\circ$  范围内标注。当无法避免时，可按图 1-12 (b) 的形式标注。在不致引起误解时，对于非水平方向的尺寸，其数字可水平地注写在尺寸线的中断处，如图 1-12 (c) 所示。

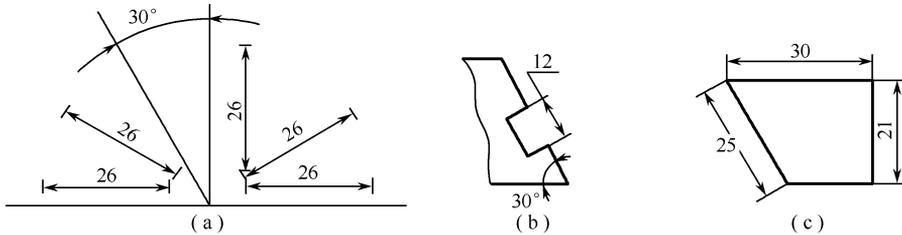


图 1-12 尺寸数字的注写

### 3. 常用尺寸的标注方法

#### (1) 直线尺寸标注

串联尺寸，箭头应对齐；并联尺寸，小尺寸在内，大尺寸在外；尺寸线间隔不小于 7mm，且保持间隔基本一致，当间距小且连续标注时可用圆点隔开，如图 1-13 所示。

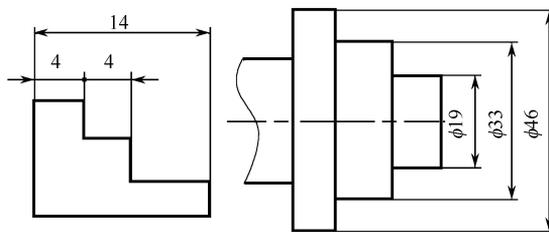


图 1-13 直线尺寸标注

#### (2) 圆和圆弧的尺寸标注

圆或大于半圆的圆弧尺寸应标注直径，尺寸线要通过圆心，且应在尺寸数字前加注符号“ $\phi$ ”；小于和等于半圆的圆弧尺寸一般要标注半径，只在指向圆弧的一端尺寸线上画出箭头，尺寸线指向圆心，且在尺寸数字前加注符号“ $R$ ”，如图 1-14 所示。

#### (3) 角度尺寸标注

角度的尺寸界线应由径向引出，尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点。角度数字一般注写在尺寸线的中断处，也可注在尺寸线的上方、外面或引出标注，并一律水平书写，如图 1-15 所示。

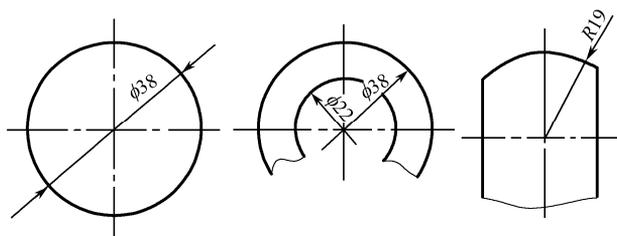


图 1-14 圆和圆弧的尺寸标注

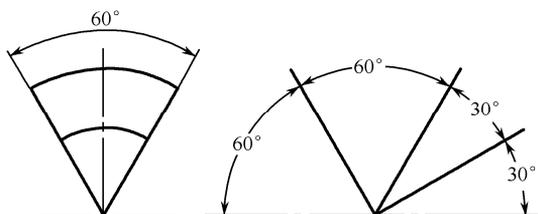


图 1-15 角度尺寸标注

#### (4) 小尺寸标注

在一些局部小结构上，当没有足够位置注写尺寸数字或画出箭头时，也可按图 1-16 所示的形式标注。

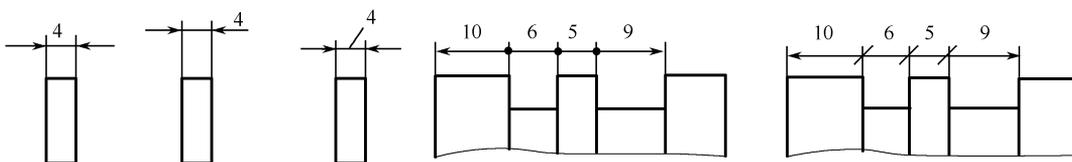


图 1-16 小尺寸标注

#### (5) 对称结构的尺寸标注

当对称图形只画出一半或略大于一半时，尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线，此时仅在尺寸线的一端画出箭头，如图 1-17 所示。

#### (6) 球面尺寸标注

标注球的直径或半径时，应在符号“ $\phi$ ”或“ $R$ ”前再加“ $S$ ”，如图 1-18 所示。

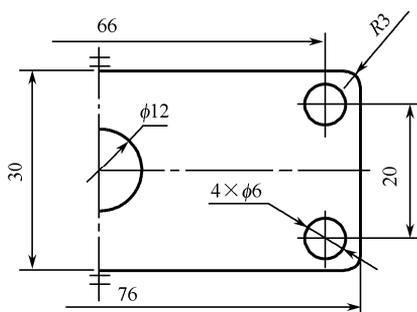


图 1-17 对称结构的尺寸标注

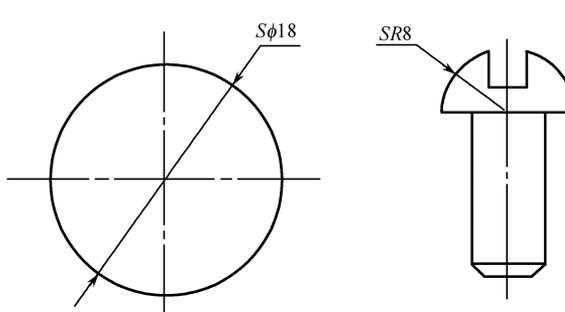


图 1-18 球面尺寸标注

### 4. 简化尺寸标注

在保证不致引起误解和不会产生理解多意性的前提下，应力求制图简便。简化标注尺寸时，可使用单边箭头，如图 1-19 (a) 所示；也可采用带箭头的指引线，如图 1-19 (b) 所示；还可采用不带箭头的指引线，如图 1-19 (c) 所示。

一组同心圆弧、一组圆心位于一条直线上的多个不同心圆弧、一组同心圆，它们的尺寸可用共用的尺寸线和箭头依次表示，如图 1-20 所示。简化尺寸标注详见 GB/T 16675.2—2012。

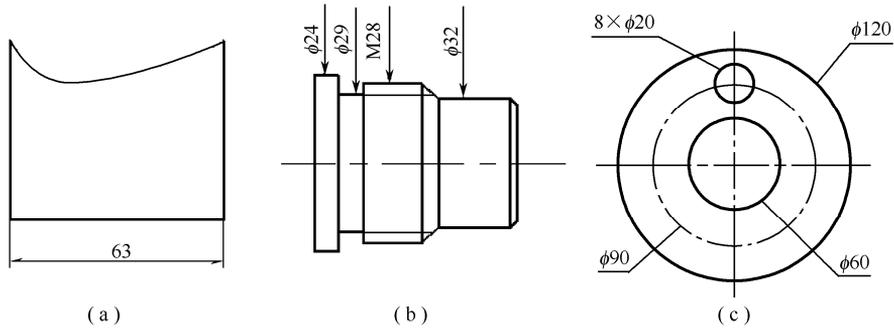


图 1-19 简化尺寸标注

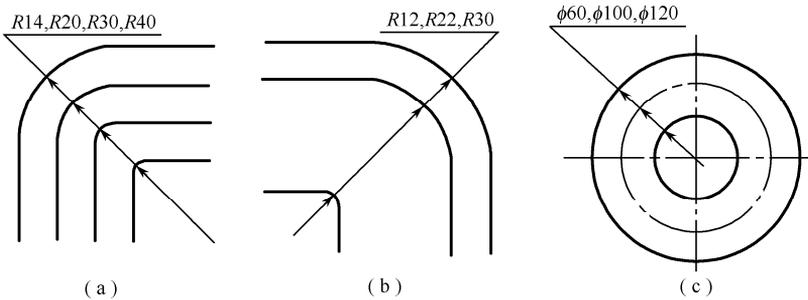


图 1-20 圆和圆弧的简化尺寸标注

## 第二节 绘图工具和用品的使用

要确保绘图质量、提高绘图速度，正确、熟练地使用绘图工具是重要的前提。常用的绘图工具包括图板、丁字尺、三角板、铅笔、圆规、分规和曲线板等。

### 一、图板与丁字尺

#### 1. 图板

图板是用来铺放和固定图纸的矩形木板。图板的工作表面必须平坦、光洁，左右导边必须光滑、平直。图板一般与丁字尺配合使用，如图 1-21 所示。

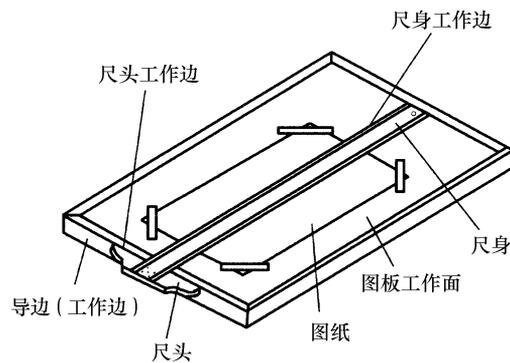


图 1-21 图板与丁字尺

## 2. 丁字尺

丁字尺的作用主要是绘制水平线，以及与三角板配合绘制竖直线及斜线。丁字尺一般用木材或有机玻璃等制成，由尺头和尺身两部分构成。使用时，尺头内侧必须紧靠图板的导边，上下移动，由左至右画水平线，如图 1-22 所示。

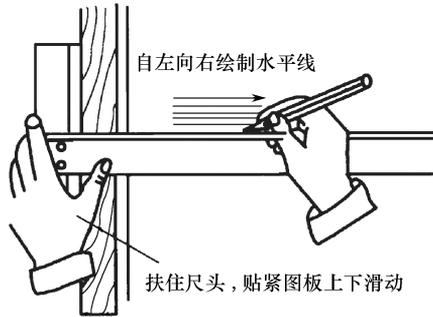


图 1-22 用丁字尺绘制水平线

## 二、三角板

一副三角板由  $45^\circ$ ， $30^\circ$ （ $60^\circ$ ）两块组成。三角板与丁字尺配合使用，可画垂直线及与水平线成  $30^\circ$ ， $45^\circ$ ， $60^\circ$  的倾斜线，如图 1-23 所示。两块三角板配合可画与水平线成  $15^\circ$ 、 $75^\circ$  的倾斜线，以及任意已知直线的平行线或垂直线，如图 1-24 所示。

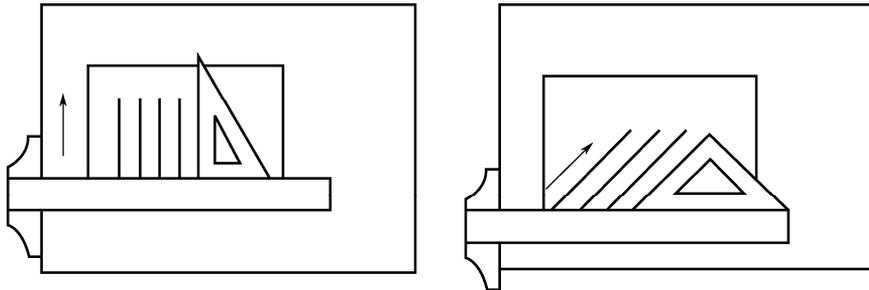


图 1-23 丁字尺、三角板配合画线

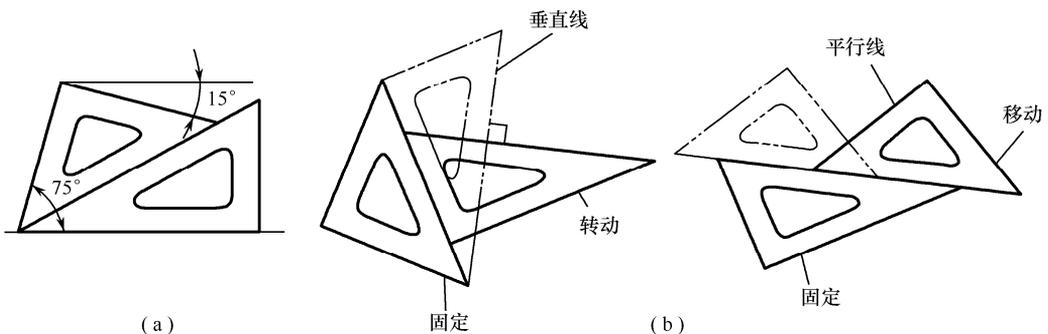


图 1-24 两块三角板配合画线

## 三、铅笔

绘图铅笔用“B”和“H”代表铅芯的软硬程度。“B”表示软性铅笔，B前面的数字越大，表示铅芯越软（黑）；“H”表示硬性铅笔，H前面的数字越大，表示铅芯越硬（淡）。“HB”表

示铅芯软硬适中。铅笔一般可削磨成圆锥状头部和四棱状头部两种，分别用来绘制细实线和粗实线。画图时，粗线常用 B 或 HB 铅笔，细线常用 H 或 2H 铅笔，写字常用 HB 或 H 铅笔，画底稿建议用 2H 铅笔。

#### 四、圆规与分规

##### 1. 圆规

圆规是用来画圆与圆弧的工具。圆规的一脚上装有带台阶的小钢针，用来定圆心，并可防止针孔扩大；另一脚上安装铅芯画图。画圆时，应尽量使钢针和铅芯都垂直于纸面，钢针的台阶与笔尖平齐，如图 1-25 所示。

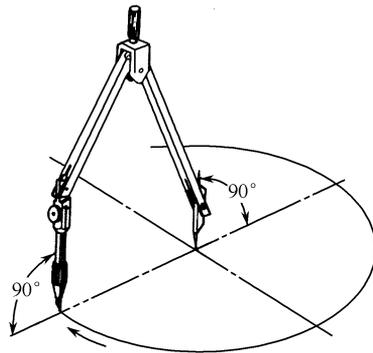


图 1-25 圆规的用法

##### 2. 分规

分规是用来截取线段、等分直线或圆周，以及从尺上量取尺寸的工具。分规的两脚端部均为固定的钢针，当两脚合拢时，两尖应合并成一点。分规的使用方法如图 1-26 所示。

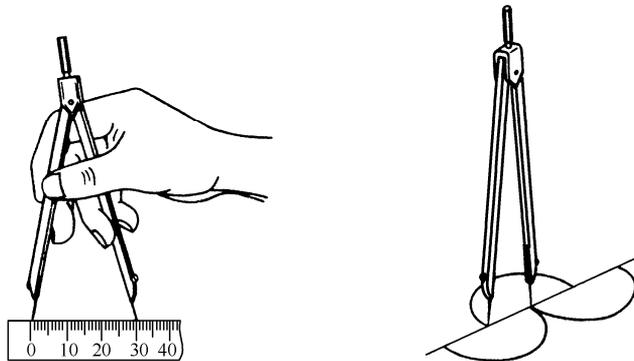


图 1-26 分规的用法

除了上述工具外，绘图时还要准备好图纸、固定图纸的胶带纸、削笔刀、磨铅芯的砂纸、橡皮、清洁图的软毛刷等。有时为了画非圆曲线，还要用到曲线板等绘图工具。

### 第三节 几何作图

任何平面图形都可以看成是由一些简单几何图形组成的。几何作图就是依据给定条件，准确绘出预定的几何图形。常用的几何作图有等分线段、等分圆周、斜度与锥度、圆弧连接、椭

圆的画法等。

### 一、等分线段

将任意长度的一条线段作任意等分，通常采用平行线法。如图 1-27 所示是用平行线法五等分  $AB$  线段的示例。

① 过  $A$  点任作一辅助直线  $AC$ ，用分规以任意长度为单位长度，在  $AC$  上截得 1, 2, 3, 4, 5 各个等分点，如图 1-27 (a) 所示。

② 连  $5B$ ，过点 1, 2, 3, 4 分别作  $5B$  的平行线，与  $AB$  交于点  $1', 2', 3', 4'$ ，即得各等分点，如图 1-27 (b) 所示。

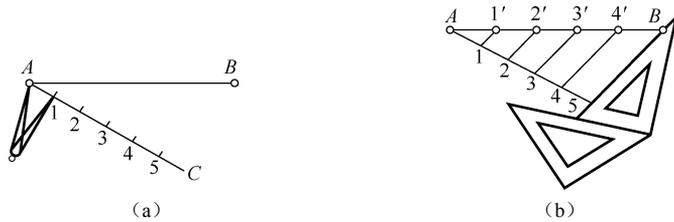


图 1-27 用平行线法等分线段的示例



### 二、等分圆周及作正多边形

#### 1. 三等分圆周及作内接正三角形

三等分圆周及作内接正三角形的方法如图 1-28 所示。已知圆周及  $A$  点，先使  $30^\circ/60^\circ$  三角板的一直角边以丁字尺作为导边，过  $A$  用三角板的斜边画直线交圆于  $B$  点，将三角板反转  $180^\circ$ ，过  $A$  用斜边画直线交圆于  $C$  点，则  $A, B, C$  为已知圆周的三等分点，连接  $A, B, C$  三点，则  $\triangle ABC$  即为已知圆周的內接正三角形。

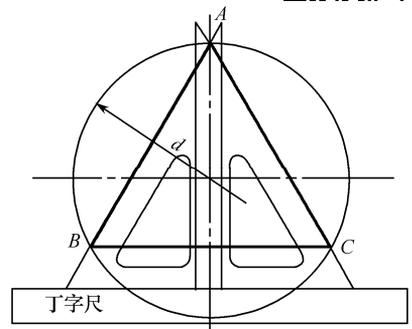


图 1-28 三等分圆周及作内接正三角形

#### 2. 五等分圆周及作内接正五边形

五等分圆周及作内接正五边形的方法如图 1-29 所示。已知圆周，作半径  $OF$  的等分点  $G$ ，以  $G$  为圆心、 $AG$  为半径画圆弧交水平直径线于  $H$ 。以  $A$  为圆心、 $AH$  为半径画圆弧，与圆相交得  $B, E$ ，再顺次得  $C, D$  等分点，顺序连接各等分点即得内接正五边形。

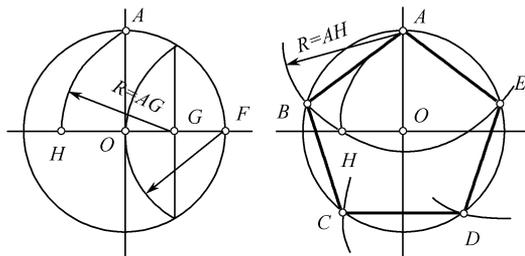


图 1-29 五等分圆周及作内接正五边形



#### 3. 六等分圆周及作内接正六边形

六等分圆周及作内接正六边形的方法通常有两种，分别如图 1-30 (a) 和图 1-30 (b) 所示。

第一种方法是用圆规求作，如图 1-30 (a) 所示。以已知圆的直径的两端点  $A, D$  为圆心，以已知圆的半径  $R$  为半径，画弧与圆周相交于等分点  $B, C, E, F$ ，则  $A, B, C, D, E, F$  点即为所求已知圆周的六等分点，将六点依次连接，即得圆内接正六边形。

第二种方法是用丁字尺与三角板相互配合来求作，如图 1-30 (b) 所示。将  $30^\circ/60^\circ$  三角板的短直角边与丁字尺的水平工作边接触平齐，以丁字尺为导向，沿三角板斜边分别过已知圆周与直径的交点  $A, D$  画直线，与圆周分别交于  $F, C$  两点；将三角板进行反转，采用同样的方法沿三角板斜边画直线，与圆周分别交于  $B, E$  两点。 $A, B, C, D, E, F$  点即为所求已知圆周的六等分点，将六点依次连接，即得圆内接正六边形。

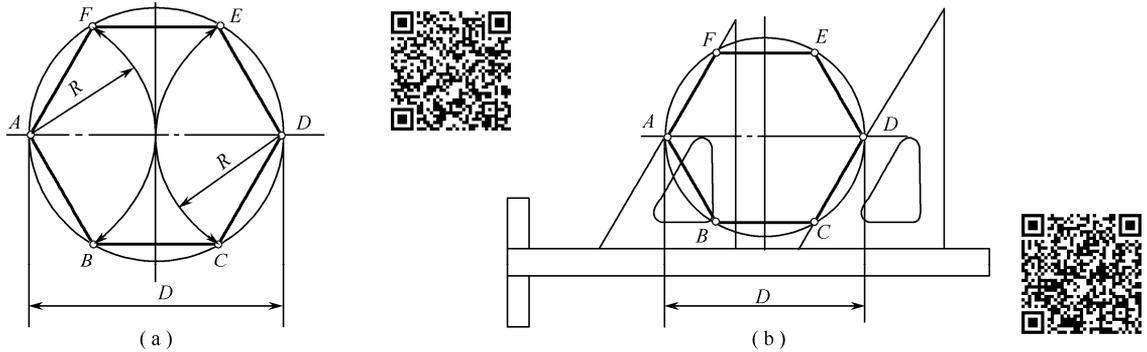


图 1-30 六等分圆周及作内接正六边形

### 三、斜度与锥度

#### 1. 斜度

斜度是指一直线（或平面）相对于另一直线（或平面）的倾斜程度，其大小用这两条直线（或平面）的夹角的正切值来表示，如图 1-31 (a) 所示。斜度  $= \tan \alpha = \frac{H-h}{L}$ ，习惯上把比例前项化为 1，写成  $1:n$  的形式。

标注斜度时，在比数之前用符号“ $\angle$ ”或“ $\sphericalangle$ ”表示。符号的倾斜方向应与斜度的方向一致，如图 1-31 (b) 所示。斜度符号画法，如图 1-31 (c) 所示。

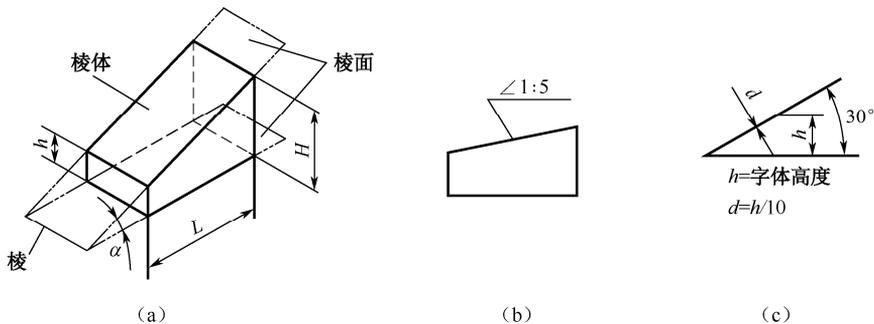


图 1-31 斜度及其标注

斜度的画法，如图 1-32 所示。根据已知的图 1-32 (a)，作出  $1:5$  斜度。作直线  $AB$ ，在  $AB$  上取 5 个单位长，得  $D$  点，在  $BC$  上取 1 个单位长，得  $E$  点，连  $DE$  得  $1:5$  参考斜度线，如图 1-32 (b) 所示；再根据图形尺寸画出  $F$  点，过  $F$  作  $DE$  的平行线，完成作图，如图 1-32 (c) 所示。

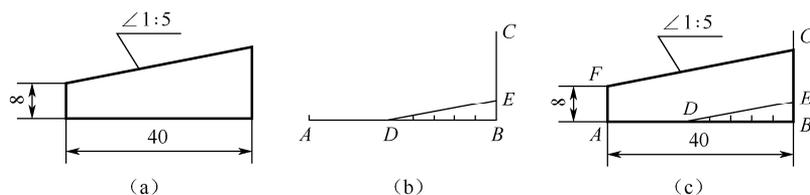


图 1-32 斜度的画法

## 2. 锥度

锥度是指正圆锥底圆直径与其高度之比或圆台两底圆直径之差与其高度之比,如图 1-33 (a) 所示。

锥度  $C=2\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{D-d}{L}$ , 通常以  $1:n$  的形式表示。

标注锥度时, 图形符号的方向应与圆锥方向一致, 该符号配置在基准线上, 基准线与圆锥的轴线平行, 并通过引出线与圆锥轮廓素线相连, 如图 1-33 (b) 所示。锥度符号画法, 如图 1-33 (c) 所示。

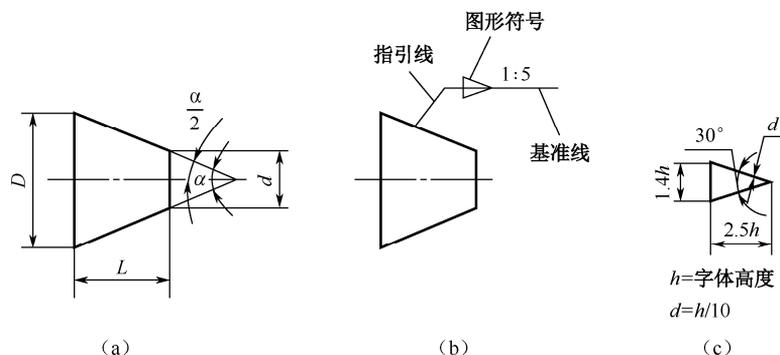


图 1-33 锥度及其标注

锥度的画法, 如图 1-34 所示。根据已知的图 1-34 (a), 作出  $1:5$  锥度。按尺寸画出已知部分, 在轴线上取 5 个单位长, 在  $ab$  上取 1 个单位长, 得  $1:5$  两条参考锥度线  $ce$  和  $cd$ , 如图 1-34 (b) 所示; 过  $a$  和  $b$  分别作  $ce$  和  $cd$  的平行线, 即为所求, 如图 1-34 (c) 所示。

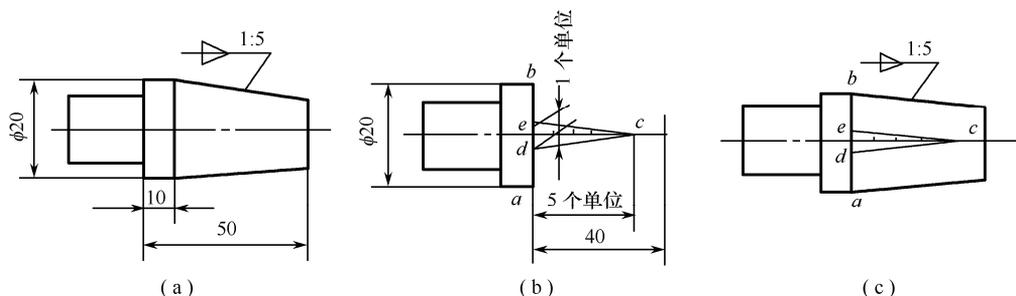


图 1-34 锥度的画法

## 四、圆弧连接

画零件的投影轮廓时, 常会遇到用圆弧光滑连接另外两个已知线段 (直线或圆弧) 的作图。这里的光滑连接, 在几何里就是相切的作图问题, 连接点就是切点。在圆弧连接中起连接作用

的圆弧称为连接圆弧。常见的圆弧连接示例——吊钩，如图 1-35 所示。

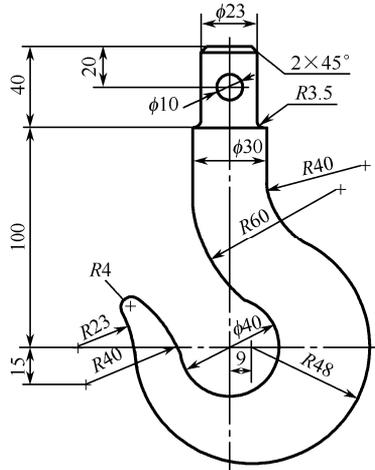


图 1-35 圆弧连接示例

### 1. 圆弧连接的作图原理

圆弧连接的作图原理见表 1-5。

表 1-5 圆弧连接的作图原理

圆弧与直线连接（相切）	圆弧与圆弧外连接（外切）	圆弧与圆弧内连接（内切）
<p>连接圆弧圆心的轨迹是与已知直线距离为 <math>R</math> 的平行线。自圆心向已知直线作垂线，其垂足即为连接点（切点）<math>K</math></p>	<p>连接圆弧圆心的轨迹为已知圆弧的同心圆。其半径为 <math>R_1 + R</math>，切点为两圆心连线与已知圆弧的交点 <math>K</math></p>	<p>连接圆弧圆心的轨迹为已知圆弧的同心圆。其半径为 <math>R_1 - R</math>，切点为两圆心连线的延长线与已知圆弧的交点 <math>K</math></p>

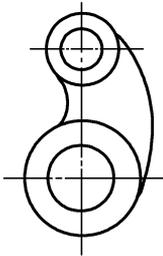
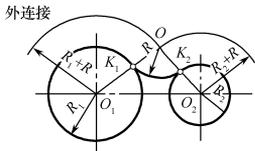
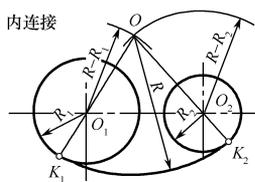
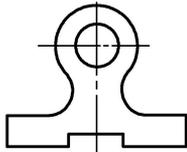
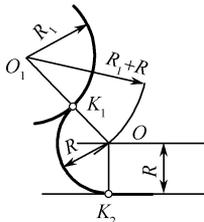
### 2. 圆弧连接的作图步骤

圆弧连接的作图步骤见表 1-6。

表 1-6 圆弧连接的作图步骤

形式	实例	作图	步骤
用圆弧 $R$ 连接两已知直线			<ol style="list-style-type: none"> <li>① 以 <math>R</math> 为距离，分别作已知直线的平行线，其交点 <math>O</math> 即是连接圆弧 <math>R</math> 的圆心</li> <li>② 自点 <math>O</math> 分别作两直线的垂线，得垂足 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math>，即为连接点</li> <li>③ 以点 <math>O</math> 为圆心，<math>R</math> 为半径，自点 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math> 之间画连接圆弧，即为所求</li> </ol>

续表

形式	实例	作图	步骤
连接两已知圆弧 $R_1$ 和 $R_2$			<p>① 分别以 <math>O_1</math> 和 <math>O_2</math> 为圆心、<math>R+R_1</math> 和 <math>R+R_2</math> 为半径画圆弧，交点 <math>O</math> 即为所求连接圆弧的圆心</p> <p>② 连接 <math>OO_1</math> 和 <math>OO_2</math> 与已知圆弧分别交于 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math>，即为切点</p> <p>③ 以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径在两切点 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math> 之间画连接圆弧，即为所求</p>
			<p>① 分别以 <math>O_1</math> 和 <math>O_2</math> 为圆心、<math>R-R_1</math> 和 <math>R-R_2</math> 为半径画圆弧，交点 <math>O</math> 即为所求连接圆弧的圆心</p> <p>② 连接 <math>OO_1</math>、<math>OO_2</math> 并延长与已知圆弧分别交于 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math>，即为切点</p> <p>③ 以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径在两切点 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math> 之间画连接圆弧，即为所求</p>
用圆弧 $R$ 连接已知圆弧 $R_1$ 和直线			<p>① 作与已知直线距离为 <math>R</math> 的平行线</p> <p>② 以 <math>O_1</math> 为圆心、<math>R_1+R</math> 为半径画圆弧与平行线交于 <math>O</math>，即为所求连接圆弧的圆心</p> <p>③ 过 <math>O</math> 作已知直线的垂线，得垂足 <math>K_2</math>，连接 <math>OO_1</math> 与已知圆弧交于 <math>K_1</math>，则 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math> 为切点</p> <p>④ 以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径在两切点 <math>K_1</math> 和 <math>K_2</math> 之间画连接圆弧，即为所求</p>

### 五、椭圆的画法

椭圆是一种常见的几何图形，画椭圆的方法很多，下面介绍已知椭圆的长、短轴时画椭圆的常用方法之一——四心近似法。

作图步骤如下：

① 已知长、短轴  $AB$  和  $CD$ ，连接  $AC$ ，以  $O$  为圆心、 $OA$  为半径画圆弧交短轴  $CD$  于点  $E$ 。

② 以点  $C$  为圆心、 $CE$  为半径画圆弧交  $AC$  于点  $E_1$ 。

③ 作  $AE_1$  的垂直平分线，分别交长、短轴于点  $O_1$  和  $O_2$ ，并求出它们的对称点  $O_3$  和  $O_4$ 。

④ 分别以点  $O_1, O_2, O_3, O_4$  为圆心， $O_1A, O_2C, O_3B, O_4D$  为半径画弧，并相切于点  $K, N, N_1, K_1$ ，即得近似椭圆，如图 1-36 所示。

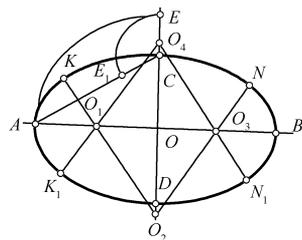


图 1-36 四心近似法



## 第四节 平面图形的分析与画法

平面图形是由若干线段组成的。在绘制平面图形之前，需要对平面图形的尺寸和线段进行分析，以便明确平面图形的画图步骤和方法，提高绘图的质量与速度。标注尺寸时，又要根据线段间的几何关系，确定需要标注哪些尺寸，使标出的尺寸正确、清晰、完整。

### 一、平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸按其作用可分为两类：

① 定形尺寸。确定平面图形中各几何元素形状大小的尺寸称为定形尺寸，如直线的长度，圆及圆弧的直径、半径、角度等。图 1-37 中的 15， $\phi 6$ ， $\phi 20$ ， $R8$ ， $R15$  等尺寸即为定形尺寸。

② 定位尺寸。确定平面图形中几何元素位置的尺寸称为定位尺寸。图 1-37 中的 8、80 等尺寸即为定位尺寸。

标注定位尺寸时，通常以图形的对称线、中心线或某一轮廓线作为标注尺寸的起点，这个起点称为尺寸基准，如图 1-37 所示。

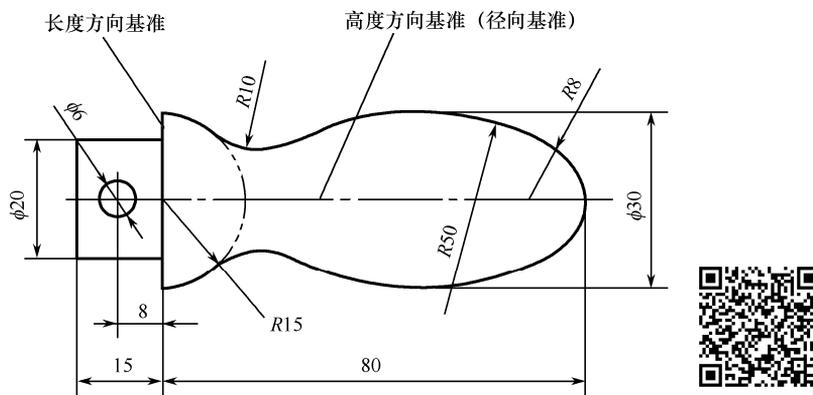


图 1-37 手柄平面图

### 二、平面图形的线段分析

平面图形中的线段（直线或圆弧）可分为已知线段、中间线段和连接线段三种。现以图 1-37 为例分析如下。

① 已知线段。具有两个定位尺寸的圆弧，如图 1-37 中的  $R8$ 、 $R15$  圆弧，根据圆心和半径尺寸可直接画出。

② 中间线段。具有一个定位尺寸的圆弧，如图 1-37 中的  $R50$  圆弧，其圆心长度方向的定位尺寸未知，需要利用  $R8$  圆弧的连接关系，才能找出它的圆心和连接点。

③ 连接线段。没有定位尺寸的圆弧，如图 1-37 中的  $R10$  圆弧，缺少圆心定位的两个尺寸，必须利用与  $R50$  和  $R15$  两圆弧的外切关系才能画出。

### 三、平面图形的作图步骤

综合以上对图 1-37 中手柄图形的分析，绘制该平面图形的作图步骤如下。

① 画基准线  $A$  和  $B$ ，如图 1-38 (a) 所示。作距离  $A$  为 80 并垂直于  $B$  的直线。

② 画已知线段。作圆弧  $R8$ ， $R15$  及圆  $\phi 6$ ，再画左端矩形，如图 1-38 (b) 所示。

③ 画中间线段。作 I、II 平行高度方向基准且相距均为  $50-15=35$ ；按内切几何条件分别求出中间圆弧  $R50$  的圆心位置  $O_1, O_2$ ；连  $OO_1, OO_2$ ，求出切点  $K_1, K_2$ 。画出  $R50$  的中间圆弧，如图 1-38 (c) 所示。

④ 画连接线段。按外切几何条件分别求出连接圆弧  $R10$  的圆心位置  $O_3, O_4$ ，连接  $O_5O_3, O_5O_4, O_2O_3, O_1O_4$ ，求出切点  $K_3, K_4, K_5, K_6$ ，画出连接圆弧  $R10$ ，如图 1-38 (d) 所示。

⑤ 标注尺寸，校核，加深描粗图线，完成全图。

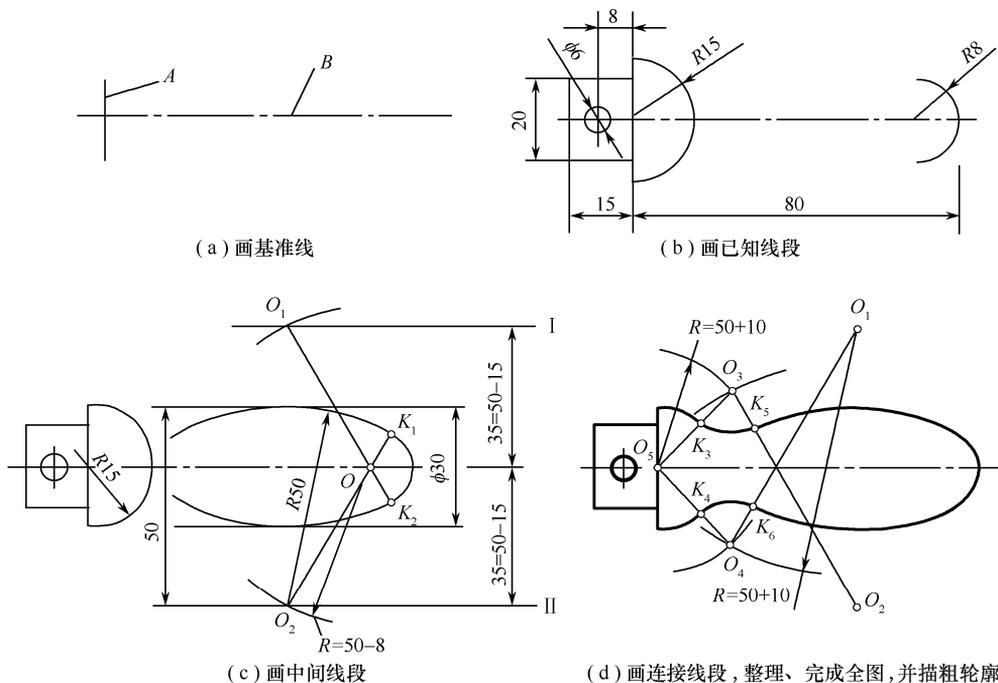


图 1-38 手柄图形作图步骤

## 第五节 徒手绘制草图的方法

徒手绘图就是不借助绘图工具，目测物体的形状及大小，徒手绘制图样。在机器测绘、技术交流、现场测绘等场合，受现场条件的制约与机动性要求，经常需要徒手来进行工程记录、表达技术思想等。因此，徒手绘图是一名合格的工程技术人员必备的一项基本技能。

开始练习徒手绘图时，可在方格纸上进行，以便较好地控制图形的大小。徒手绘图时，可以用 HB、B 或 2B 铅笔，笔芯削成锥形。画图时，手握笔的位置比画仪器图时稍高一些，以便于运笔和目测。笔杆与纸面约成  $45^\circ \sim 60^\circ$  角为宜，且执笔应稳而有力。

下面介绍几种常见图形的徒手画法。

### 一、直线的画法

画直线时，用手腕抵着纸面，铅笔沿着画线方向移动，眼睛注视图线的终点。画短线时，常用手腕运笔；画长线时，则以手臂动作。此外，也可以用目测的方法，在直线中间先点几个点，然后分段画出。画水平线时，图纸可放得稍斜一点，且图纸不必固定；画铅垂线时，应自上而下运笔，如图 1-39 (a) 所示。

## 二、常用角度的画法

画  $30^\circ$  ,  $45^\circ$  ,  $60^\circ$  等常见角度时, 可根据两直角边的比例关系, 定出两 endpoint, 然后连接两点即得所画的角度线。如画  $10^\circ$  等角度线, 可先画  $30^\circ$  角度后进行角度等分, 如图 1-39 (b) 所示。

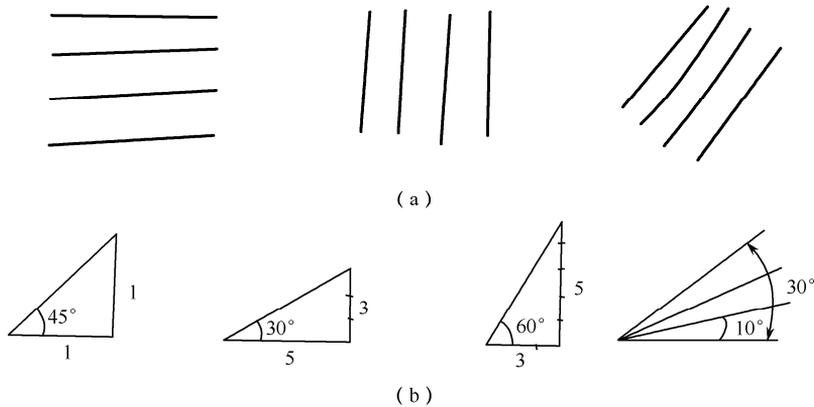


图 1-39 直线和角度的徒手画法

三、圆的画法 画小圆时, 先定圆心位置, 过圆心画两条相互垂直的中心线, 按半径大小, 用目测的方法, 在中心线上取四点, 然后过该四点, 徒手画圆, 如图 1-40 (a) 所示。画直径较大的圆时, 过圆心再画几条直线, 在这些直线上用上述方法再取几个点, 然后分段徒手画圆, 如图 1-40 (b) 所示。

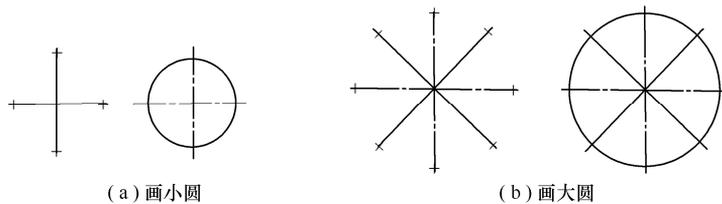


图 1-40 圆的徒手画法

## 四、椭圆的画法

① 已知椭圆的长、短轴画椭圆。过椭圆的长、短轴端点  $A, B, C, D$ , 分别作长、短轴的平行线, 得矩形  $EFGH$ , 作出该矩形的对角线  $EG$  和  $FH$ , 并在对角线上按  $O_1 : 1E = 7 : 3$  目测得点 1。同理, 求得点 2, 3, 4, 然后徒手依次连接各点, 即得椭圆, 如图 1-41 (a) 所示。  
② 已知椭圆的一对共轭直径画椭圆。过共轭直径的端点  $A, B, C, D$ , 分别作共轭直径的平行线, 得平行四边形  $EFGH$ , 并画出对角线  $EG$  和  $FH$ , 在对角线  $EG$  上按  $O_1 : 1E = 7 : 3$ , 目测得点 1。同理, 得到点 2, 3, 4, 然后徒手光滑连接得椭圆, 如图 1-41 (b) 所示。

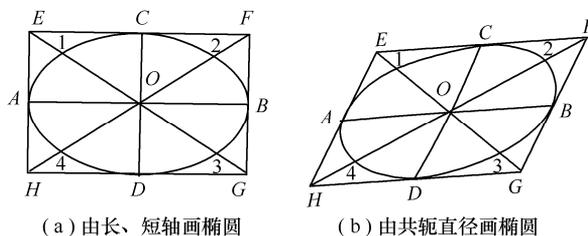


图 1-41 椭圆的徒手画法